

基于 RS 和 GIS 的近代黄河三角洲滩涂变化分析

刘 勇^{1,2}, 黄海军¹, 刘艳霞¹, 严立文¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室, 山东 青岛, 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 黄河携带泥沙入海不断淤积而形成丰富的滩涂是三角洲地区重要的后备土地资源, 掌握滩涂的空间分布及演化特征对合理开发滩涂, 加强滩涂资源的保护和可持续利用, 促进黄河三角洲高效生态经济区发展都有重要意义。选取近代黄河三角洲地区 1989 年和 2000 年 landsat TM/ETM+ 影像, 利用基于专家知识的监督、目视判读分类方法, 提取了两个时期内不同行政区域和不同自然岸段的黄河三角洲滩涂信息。通过土地利用类型转换矩阵分析了滩涂与其他土地利用类型间的相互转化关系, 得出 1989~2000 年间, 黄河三角洲中潮位滩涂主要向林草地(15.9%)、海域(12%)、其他用地(7%, 含已围待用地)和养殖、盐田用地(6.3%)等土地利用类型转化; 同时又有 36.5% 的海域、6.5% 的水域和 2.5% 的林草地转化为滩涂; 而总体上滩涂面积呈减少趋势, 减少面积为 246.42 km²。海洋动力作用、黄河断流、人类活动是致使滩涂面积减少的主要因素。

关键词: 黄河三角洲; 滩涂; 遥感; 图像分类

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)02-0082-06

黄河自 1855 年铜瓦厢决口徙夺大清河注入渤海以来, 其携带的巨量泥沙及频繁的尾闾摆动已塑造了约 6 000 km² 的近代三角洲体系(图 1)。新生的三角洲陆地地势宽阔低洼, 浅海滩涂资源广阔, 如今面积仍在逐年缓慢递增, 为此黄河三角洲区域也成为了我国土地增长最快的地区^[1]。这些具有“蓝色土地”之称的独特的新生湿地, 不仅拥有种类繁多、数量巨大的生态环境资源, 而且为沿海渔业生产、发展水产养殖、开发农业种植、盐田修建及工业用地等提供了宝贵的土地资源, 具有重大的保护和开发价值。关于本区土地利用变化监测已有许多研究^[2-4]。然而黄河三角洲作为陆海相互作用的前沿地带, 生消演变异常剧烈, 特别是 1990 年以后, 黄河入海水沙量锐减, 然而人类活动及海洋动力因素等仍持续作用, 黄河三角洲的土地利用状况及滩涂演变必将表现出新的特征。本文借助大范围、多时相的遥感数据与实地调查资料, 通过遥感与 GIS 相结合, 充分挖掘遥感影像中滩涂分布与演化信息, 探明黄河三角洲滩涂资源生消演替状况, 为合理利用及保护黄河三角洲滩涂资源提供科学依据。

滩涂即淤泥质潮滩(tidal mud flat), 亦称海涂。为坡度较缓、营养物质丰富、生物种类较多的低能

量海洋环境。从开发利用的角度看, 滩涂包括未被开发

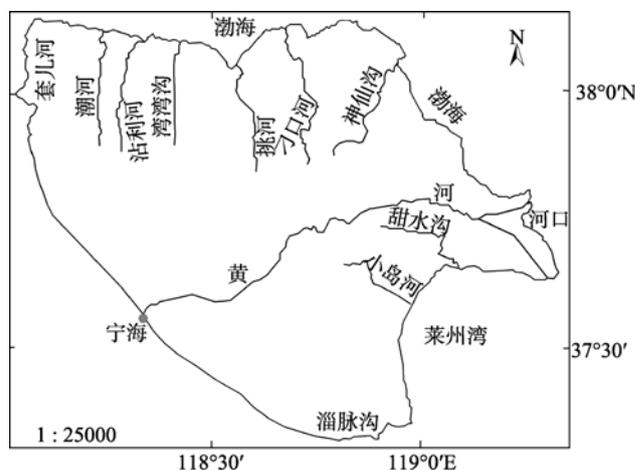


图 1 研究区范围及黄河三角洲滩涂分段位置图
Fig. 1 Study area of the modern Yellow River Delta

收稿日期: 2010-09-08; 修回日期: 2011-12-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-EW-207); 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室开放基金资助项目(MASEG200807)

作者简介: 刘勇(1981-), 男, 河南驻马店人, 博士研究生, 从事 RS 和 GIS 在海岸带环境中的应用与研究, 电话: 0532-82898531, E-mail: liuyong@lreis.ac.cn; 黄海军, 通信作者, 电话: 0532-82898524, E-mail: hjhuang@qdio.ac.cn

的生长着一些低等植物的潮上带及低潮时仍难以出露的水下浅滩,即包括潮上带和潮下带可供开发利用的部分^[5]。滩涂是海陆交汇的特殊地带,受潮汐周期性变化的影响而出现淹没和出露的交替性变化。根据滩涂自然因素及开发利用的原则,将滩涂研究范围界定为大陆河川径流及其所挟带泥沙、营养物质和污染物质明显扩散的范围,也是当前沿岸经济活动的主要范围,即以 0 m 等深线为界,向海推至 -6 m 等深线以内为滩涂海域部分、向陆延伸 1~5 km

范围内为滩涂依托陆域部分(或以第一条沿海道路、滨海堤坝为界),主要是未开发利用的淤泥质潮滩。

1 黄河三角洲滩涂信息提取

1.1 数据及处理方法

本文所用的数据有:1989 年和 2000 年陆地卫星影像、2003 年数字化地形图及数字高程数据、20 世纪 80 年代 1:20 万山东省海岸带土地利用图集以及黄河三角洲海图等(表 1)。

表 1 数据源列表

Tab. 1 Data source list

数据类型	获取时间	分辨率或比例尺	特征	来源
TM	1989 年 3 月 10 日	30 m	无云,精纠正	美国地质调查局
ETM+	2000 年 9 月 16 日	30 m	无云,L1T 数据	美国地质调查局
地形图	2003 年	1:5 万	电子地图	山东省国土测绘院
DEM	2003 年	1:5 万	arcgis/grid 格式	山东省国土测绘院
土地利用图	20 世纪 80 年代后期	1:20 万	详查图	山东省测绘局
海图	2005 年	1:15 万	电子扫描图	中国海军司令部航海保障部
海图	2006 年	1:50 万	电子扫描图	中国海军司令部航海保障部

图像处理方式主要包括:图像剪裁以获得感兴趣区域;选用信息量丰富的 5, 4, 3 波段的假彩色合成,该合成图像不仅信息量丰富,且能较好地显示各种地物影像特征的差别;利用地形图对两不同时相的 TM/ETM+ 影像进行几何精校正,校正结果满足误差的限定范围,以便下一步两期影像对比变化分析。具体操作流程如图 2 所示。滩涂海域分界线即 -6 m 和 0 m 等深线是利用通过矢量化获得的海图已知等深点插值得到的。

1.2 滩涂信息提取

不同地貌部位滩涂的地形、植被特征及其在遥感影像上的光谱特征如下。

平均大潮高潮线与平均小潮高潮线之间的滩涂滩面平时出露,特大高潮时被海水淹没。黄河三角洲高潮位滩涂主要植被类型以芦苇、碱蓬和柽柳为主,在 TM 遥感影像假彩色合成图上色彩和纹理特征明显,并且覆盖度比较高。

平均小潮高潮线与平均小潮低潮线之间的滩涂,是潮流和波浪作用十分活跃的地带,滩面上侵蚀地貌相当发育,潮沟密布。该区植被较稀疏,类型以芦苇和碱蓬为主,在 TM 遥感影像假彩色合成图上呈暗褐色。

平均小潮低潮线与平均大潮低潮线之间的地带为低潮位滩涂,经常性地淹没在海水之中,植被覆盖度很低。低潮时,在 TM 遥感影像假彩色合成图上以灰色为主。

尽管滩涂分布具有高、中、低分布的特点,然而在遥感图像中很难提取低潮位滩涂,且高潮位多已被开发利用,故在遥感图像中提取滩涂信息主要是潮间带滩涂。滩涂的海域部分信息的获取是在分类数据基

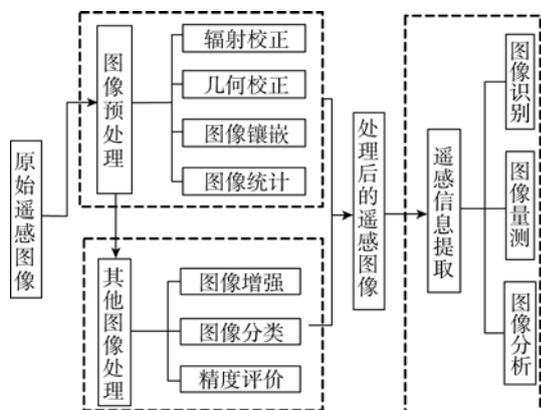


图 2 遥感图像处理流程图

Fig. 2 Remote sensing image processing flow chart

基础上利用海图提取 0 m 和 -6 m 等深线来完成的。

根据影像中滩涂的光谱和纹理等信息特征, 采用基于先验知识的监督分类方法与目视解译相结合进行遥感图像分类, 进而提取滩涂专题信息。该方法充分利用遥感影像解译标志和其他辅助数据(如 DEM 数据等), 在 GIS 辅助下采用人机交互的方式得到分类结果, 具有速度快和易于实现等特点。

利用与遥感影像成像相近时期的土地利用现状

图进行比对, 结合更高精度的遥感影像和野外实地调查对解译分类结果进行验证, 修正解译图中难分、错分的部分地物, 以提高分类精度。图 3 是黄河三角洲地区 1989 年 landsat TM 影像和 2000 年 landsat ETM+ 影像剪切得到的感兴趣区及其相对应的遥感影像分类结果图。利用 80 年代后期土地利用详查图对比验证了 1989 年分类结果, 表明分类结果的精度达到 80% 以上。

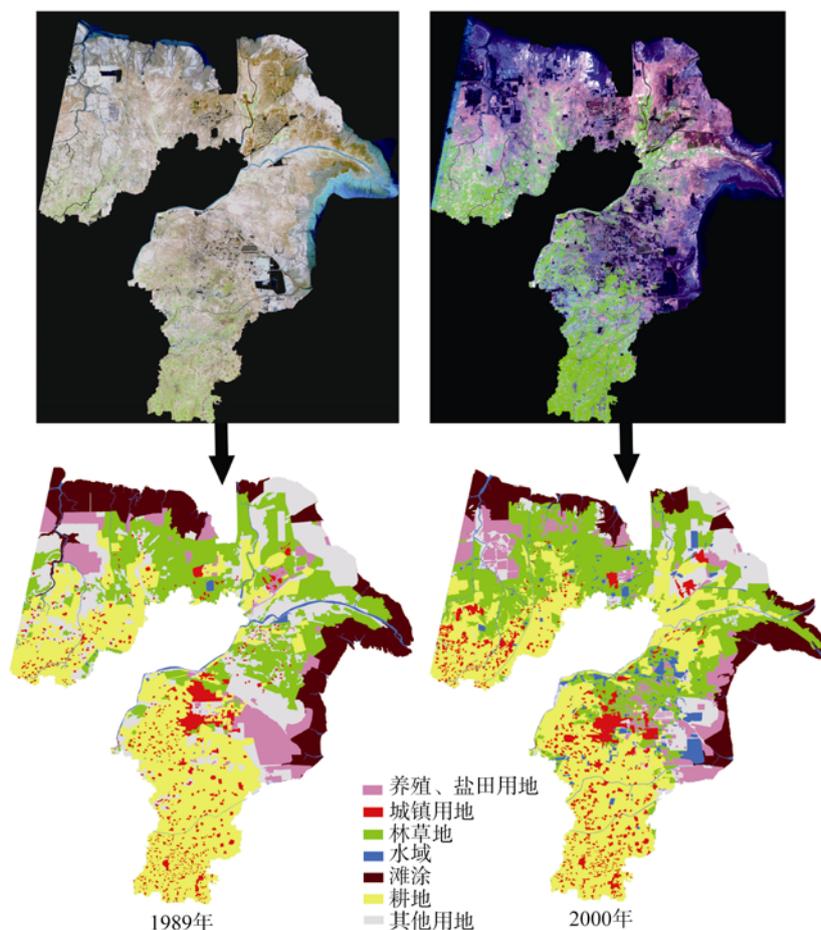


图 3 黄河三角洲两不同时期原始影像和土地利用类型解译图

Fig. 3 The Yellow River Delta original RS images and land use interpretation maps in 1989 and 2000

2 黄河三角洲不同行政区域滩涂变化分析

黄河三角洲的滩涂主要分布在黄河口 140 a 来改道的范围内, 大部分在东营市, 小部分在滨州市。通过不同时相遥感影像滩涂信息的提取, 在分类图上叠加行政界线, 得到 1989 年至 2000 年 11 a 间近代黄河三角洲不同行政区域岸段滩涂面积变化(图 4)。从图 4 中可见, 黄河三角洲沿海各区域 2000 年

的滩涂面积较之 1989 年呈总体下降趋势, 减少总量 246.42 km²。其中东营市河口区的滩涂面积最大, 达 1 400 km², 面积减少量也是最大的, 为 188.06 km²。沾化县和垦利区滩涂面积略有减少, 而东营区和广饶县的滩涂面积基本没有变化。

黄河三角洲滩涂的形成是多种驱动力综合作用的结果, 按照自然生态景观, 可分为泥质滩涂、砂质滩涂和生物滩涂。同一类型滩涂有多种开发利用方式, 黄河三角洲滩涂的利用方式如图 5 所示。尽管黄

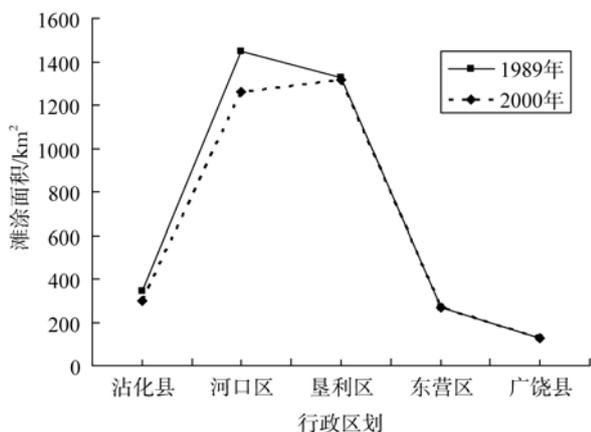


图4 1989~2000年间黄河三角洲不同行政区域滩涂变化
Fig. 4 Variation of the tidal flat of the Yellow River Delta in different administrative regions between 1989 and 2000

河现行入海口的东营区滩涂总面积在 1989~2000 年间变化很小,但其利用方式有很大的变化。从图 5 可知,浅海渔业、水产养殖、农业种植、盐田、自然保护区及工业用地是其主要的开发利用方式。运用 ENVI 软件中的变化监测模块计算得到其滩涂土地利用类型转换矩阵(表 2)和滩涂与其他土地利用类型间的转换关系,可知 1989~2000 年间,黄河三角洲滩涂向其他土地利用方式转化结果如下: 15.9%转变为林草地, 12%转变为海域, 7%转变为其他用地(包括已围待用地), 6.3%转变为养殖、盐田用地, 1.1%转变为水域(主要是河流水系); 1989~2000 年间,各类型土地向滩涂转化结果为 36.5%的海域、6.5%的水域、

2.5%的林草地转变为滩涂,同时有 1.3%的养殖、盐田用地转化为滩涂。

1989~2000 年间,受人为因素影响滩涂被围垦改造活动剧烈, 175.3 km² 滩涂转化为林草地, 69.6 km² 转化为养殖、盐田用地。此期间养殖、盐田面积共增加了 55.8 km², 主要是由滩涂转化而来。反观其他类型土地向滩涂的转化特点, 80.9 km² 的海域转化为滩涂。河流水系和林草地等土地类型转化为滩涂,说明黄河三角洲部分岸段潮沟萎缩,林草地减少。除受海洋动力侵蚀,滩涂转变为海域外,越来越多的流域大型水库建设,入海泥沙减少,降低了黄河的造陆能力,是滩涂面积减少的重要原因。

3 黄河三角洲不同自然岸段滩涂分布及演变特点

根据黄河三角洲海岸形成时间、淤进和蚀退的特点,本区滩涂可分为以下 3 个自然岸段,其 1989 年和 2000 年的滩涂对比变化见表 3。

套尔河口—神仙沟: 本岸段为黄河三角洲的组成部分,植物有柽柳、芦苇和耐盐草类,不宜耕种,现经人工改造成大面积盐田、虾池和油田等工矿用地,自然滩涂主要为近河口段的湿地与三角洲河间洼地。刁口河流路各口门附近由于 1976 年入海泥沙补给源中断后,潮流风浪侵蚀强烈,潮滩上部宽度较小,最窄处宽仅 500 m,该段潮沟发育程度较低;本区以西岸段,河流改道与成陆较长,高潮滩发育成熟,宽度较大,滩涂上除潮沟上段两岸有苇丛外,

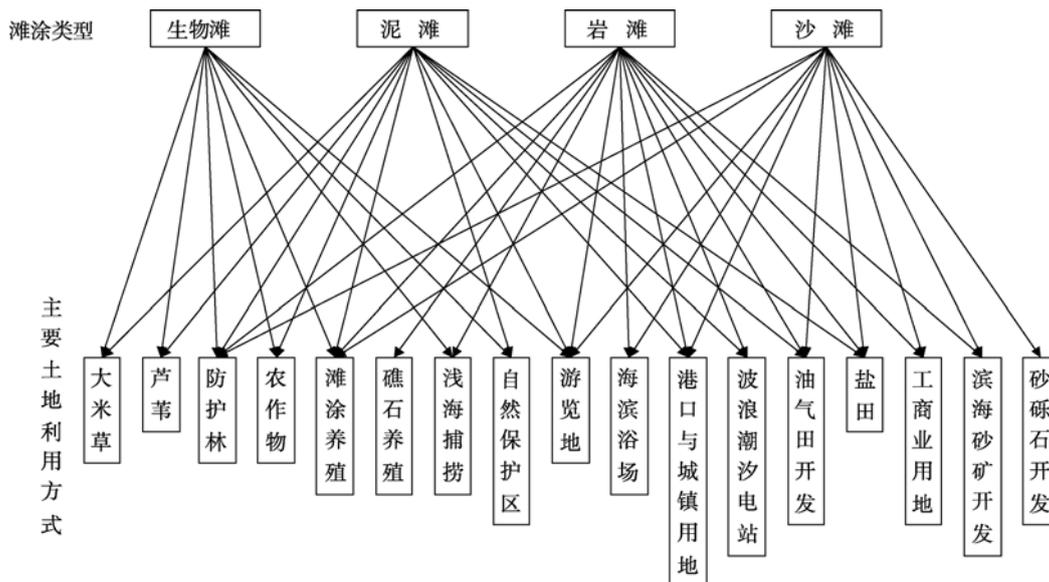


图5 黄河三角洲滩涂类型及开发利用方式
Fig. 5 The main application modes and type of tidal flat in the Yellow River Delta

表 2 1989~2000 年滩涂、土地类型转换矩阵

Tab. 2 Land using type conversion matrix

土地利用类型	各类型土地向滩涂		滩涂向各类型土地	
	转换率(%)	转换量(km ²)	转换率(%)	转换量(km ²)
未分类土地	0	0	0	0
水域	6.5	8.6	1.1	11.6
其他用地	1.6	26.3	7.0	77.4
海域	36.5	80.9	12.0	131.9
耕地	0	0	0	0
林草地	2.5	43.0	15.9	175.3
城镇用地	0	0	0	0
滩涂	57.7	636.8	57.7	636.8
养殖、盐田用地	1.3	8.0	6.3	69.6

表 3 不同时期黄河三角洲 3 自然岸段滩涂面积变化对比

Tab. 3 Comparison of the changes of the tidal flat of the Yellow River Delta in three natural coasts, 1989 and 2000

自然岸段	面积(km ²)		面积比重(%)		面积变化量(km ²)
	1989 年	2000 年	1989 年	2000 年	
套儿河—神仙沟	1 632.57	1 429.16	48	46	-203.41
神仙沟—小岛河	1 254.79	1 243.37	37	39	-11.42
小岛河—淄脉沟	509.27	477.71	15	15	-31.56
合计	3 396.63	3 150.24	100	100	-246.39

大部分地面植被稀少。1976 年黄河改道清水沟行水后，西侧岸段滩涂上的潮沟发育受到抑制；虽然其东面的挑河还处于发育阶段，但是滩涂人工围垦及部分岸段的蚀退日益严重，至 2000 年人工堤坝向海外移，原来天然韵律型岸线被平直的人工岸线取代，滩涂面积减少^[6]。1989 年该岸段滩涂面积为 1 632.57 km²，占黄河三角洲滩涂总面积的 48%，滩涂面积最大；到 2000 年，该岸段滩涂面积和所占比重分别减少了 203.41km²和 2%。

神仙沟—小岛河：为现行黄河入海及以淤积为主的岸段。黄河每年输送大量泥沙到河口三角洲及近岸海域，其中 1/3 以上的泥沙沉积在下游沿程河道及沿岸地区，在三角洲及其前沿海域形成宽缓的抛物型海滩剖面^[7]。此外该岸段北部由于油田开发的需要，自 20 世纪 80 年代以来三角洲沿岸均已修建高规格的防潮堤，其岸线变化、滩面演化主要限于防潮堤向海侧的范围内，特别是孤东人工大堤修建后，致使其近岸浅水区由建堤前的向海淤进转为蚀退^[8]。黄河从清水沟行水至 2000 年期间，清水沟一带冲淤

互有，总体表现为淤积，而南岸较之北岸更为剧烈。1996 年人工调整黄河从清 8 出汉口入海，现行清 8 河口区表现为迅速淤进，形成明显的沙嘴。废弃的清水沟老河口则由淤积变为快速蚀退。该岸段 2000 年比 1989 年的滩涂面积略减少了 11.42 km²。

小岛河—淄脉沟口：本岸段为黄河在 20 世纪 30 年代入海形成的，废弃时间较长，本区塑造滩涂的主要动力潮流，在其长期改造下，该岸段具有发育较宽大、平坦的高潮滩，宽度一般在 1~3 km 之间，同时还发育了密集的潮水支沟水系。该岸段滩涂面积有所减少，从 1989 年的 509.27 km²减少到 2000 年的 477.71 km²，而所占比重却均为 15%，变化很小。从两期遥感图像上可以看出该岸段早在 1989 年就建有大面积的养殖池和盐田，其稳定的人工岸堤限制了滩涂的演变。

4 结语

通过对近代黄河三角洲 1989 年和 2000 年两个时相遥感影像的增强处理、基于专家知识的监督分类方

法与目视解译完成了黄河三角洲土地利用分类。通过野外验证,该分类方法速度快且满足应用的要求。

按照不同行政区域和自然岸段分别统计了 1989 年和 2000 年黄河三角洲的滩涂分布与面积变化,对滩涂与其他类型土地之间的相互转化关系等进行了计算与分析,得出滩涂利用方式转换、面积的演变特征,发现 1989~2000 年间,黄河三角洲中潮位滩涂(15.9%)主要向其他土地利用类型中的林草地转换;而向滩涂转换的主要是其他土地类型中的林草地(6.5%)。总体上滩涂面积呈减少趋势,减少面积为 246.42 km²,滩涂面积减少最多的岸段为套尔河口—神仙沟。

对黄河三角洲滩涂变化原因进行了初步分析,黄河三角洲滩涂的演化与区内人类活动关系密切,滩涂不断被围垦、养殖以及晒盐所代替,人类活动极大的改变了滩涂发育演变的自然规律。人类活动作用下本区滩涂的演化规律有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 裘江海. 滩涂的可持续利用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [2] 叶青超. 黄河断流对三角洲环境的恶性影响[J]. 地理学报, 1998, 53(5): 385-391.
- [3] 关元秀, 刘高焕. 黄河三角洲盐碱地动态变化遥感监测[J]. 国土资源遥感, 2003, (2): 19-22.
- [4] 樊彦国, 张磊, 孙元芳, 等. 基于 RS 的黄河三角洲地区土地利用分类监测研究[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(1): 45-79.
- [5] 付军, 谷东起. 基于光谱与纹理特征融合的滩涂信息提取方法[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(5): 405-407.
- [6] 黄海军, 樊辉. 黄河三角洲潮滩潮沟近期变化遥感监测. 地理学报[J]. 2004, 59(5): 723-730.
- [7] 陈红莉, 肖素君, 程义吉, 等. 黄河三角洲滩涂资源开发利用研究[J]. 海岸工程, 2000, 21(1): 59-63.
- [8] 薛允传, 马圣媛, 周成虎. 基于遥感和 GIS 的现代黄河三角洲岸线变迁及发育演变研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(5): 36-40.

Changes of the tidal flat the modern Yellow River Delta based on RS and GIS

LIU Yong^{1,2}, HUANG Hai-jun¹, LIU Yan-xia¹, YAN Li-wen¹

(1 .Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2 .Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049,China)

Received: Sep.,8,2010

Key words: the Yellow River Delta; tidal flat; remote sensing; image classification

Abstract: Sediment carried by the Yellow River deposits continually and form large areas of tidal land that is an important reserve of land resources. Research of the spatial distribution and evolution of the tidal land is important for rationalized development of tidal land, protection and sustainable use, and promotion of the Yellow River Delta efficient ecological Economic Zone development. Using Landsat TM/ETM+ images of the modern Yellow River Delta taken in 1989 and 2000, supplemented by the digital topographic maps and digital elevation and other auxiliary data, through knowledge-based supervised classification and the method of human-computer interaction image classification, tidal flat information was extracted from different administrative regions and different natural coasts of the Yellow River Delta. The mutual transformation relations between the tidal flat land use and other types was analyzed through land using conversion matrix. From 1989 to 2000, the intertidal mudflat land of the Yellow River Delta is transformed to forest and grassland (15.9%), sea (12%), other type land use (7%, including inland), mariculture/salt pond (6.3%) and etc. At the same time, 36.5% of the sea, 6.5% of water, and 2.5% of the forest and grassland had been transformed into intertidal flat. The area of the intertidal mudflat in 2000 was less than that in 1989, which shows an overall downward trend, the total reduction area amounting to 246.42 km². Ocean dynamics, the Yellow River water flow, human activities had played important roles in reduction of this change.

(本文编辑: 刘珊珊)